Physiologische Studien.

Von Prof. Joh. Czermak in Gratz.

(Mit I Tafel.)

III. ABTHEILUNG [1].

1. Weitere Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes.

---

§. 15. Zur Chromasie des Auges.

Es ist bekannt, dass, wenn man einen leuchtenden Punkt, von dem weisses Licht ausstrahlt, nicht genau auf die Retina einstellt, sondern im Zerstreuungskreise ansieht, sein Bild farbig gesäumt erscheint, und zwar erscheint ein gelbrother Saum, wenn der Leuchtpunkt diesseits, ein bläulicher, wenn er jenseits des Accommodationspunktes sich befindet.

Diese Farbensäume sind jedoch für normale Augen so zart, dass sie der Aufmerksamkeit meist ganz entgehen und es dürfte daher nicht überflüssig erscheinen, dass ich hier einen Versuch angebe, welcher das fragliche Phänomen Jedermann leicht zugänglich macht, indem sich unter den durch ihn gesetzten Bedingungen die chromatische Abweichung mehrerer Leuchtpunkte summirt und eine in die Augen springende Wirkung hervorbringt.

Mein Versuch empfiehlt sich namentlich den Lehrern der Physiologie und besteht in Folgendem:

Ich steche einen 1''' bis 2''' im Durchmesser haltenden Kreis von etwa 20 Löchelchen mit einer feinen Nadel in ein Kartenblatt und halte dasselbe gegen einen weiss erleuchteten Hintergrund, in einer solchen Entfernung vom Auge, dass sich die gelben oder blauen Säume der Zerstreuungskreise, welche die im Kreise stehenden Löchelchen auf die Netzhaut werfen, im Mittelpunkte jenes Kreises decken und somit in ihrer Färbung verstärken.

Es erscheint unter diesen Umständen an der angegebenen Stelle — je nachdem das Kartenblatt diesseits oder jenseits des

---

[1]) Vergl. diese Sitzungsberichte Bd. XII, 1854, pag. 322 und Bd. XV, 1855, pag. 425.

Accommodationspunktes steht — ein Fleck von intensiver gelber bis orangerother oder blauer Färbung[1]). Fig. 1 erläutert den ganzen Vorgang.

Dass Fernsichtige schwerer die blaue Färbung, welche überhaupt weniger leicht zu beobachten ist, weil der Löchelchenkreis jenseits des Accommodationspunktes für die meisten Augen in mehrfache störende Nebenbilder auseinandertritt, als die gelbe Färbung des Mittelpunktes des Löchelchenkreises sehen werden, im schlimmsten Falle sich aber durch eine Sammellinse zur Wahrnehmung der blauen Färbung doch verhelfen können, versteht sich von selbst; so wie dass der Durchmesser des Löchelchenkreises und der Löchelchen selbst in einem bestimmten, tentando leicht zu ermittelnden Verhältniss zum Accommodationsvermögen des Beobachters stehen muss.

Noch will ich darauf aufmerksam machen, dass die farbigen Säume, welche bei falscher Accommodation entstehen, sowohl hinsichtlich ihrer Breite und Intensität, als hinsichtlich ihrer Farbennuancen (namentlich der rothen) nicht unbedeutend von jenen sich unterscheiden, welche bei Verdeckung der einen Pupillenhälfte auftreten. Diese letzteren sind im Allgemeinen breiter, intensiver und lassen die rothen Töne deutlicher erkennen, als die ersteren. — Diese Differenzen dürften wohl in einer Complication der chromatischen Abweichung mit Beugungserscheinungen ihren Grund haben.

Dass aber in beiden Fällen die rein rothen und namentlich die rein violetten Grenzen der Farbensäume gar keinen oder nur einen kaum wahrnehmbaren Eindruck machen, kann nicht befremden, wenn man erwägt, von welch' geringer Breite und Intensität die einzelnen Spectren sind, in welche die weissen Lichtstrahlen zerlegt werden.

Was übrigens die Färbung der Säume im Allgemeinen betrifft, so ist klar, dass, da die Spectren nach allen Richtungen stetig über einander hinausgreifen, gegen den freien Rand des Netzhautbildchens hin, aus der Mischung sämmtlicher Farbenstrahlen, welche Weiss oder neutrales Grau gibt, entweder zuerst die violetten, dann die blauen, die grünen, die gelben, die orangen Strahlen

---

[1]) Manchmal wollte es mir scheinen, dass die gelbe Färbung einen Stich ins Bräunliche, die blaue hingegen einen Stich ins Graue hatte. Vgl. Bruecke: Über das Wesen der braunen Farbe. Pogg. Ann. 1848, p. 461.

allmählich herausfallen und die rothen den Rand begrenzen, — oder aber in entgegengesetzter Ordnung, zuerst die rothen, dann die orangen, die gelben etc. Strahlen ausgeschieden werden und die violetten die Grenze bilden müssen, — wie es die beiden folgenden Schemen (*A* und *B*) deutlich erkennen lassen, in welchen die Farben der Kürze wegen nur mit Anfangsbuchstaben bezeichnet sind und die senkrechten Striche die Netzhaut im Durchschnitt bedeuten.

A.		*B.*	
roth	r	violett	v
orange	o r	indig	i v
	g o r		b i v
gelb	gr g o r	blau	gr b i v
mattgelb	b gr g o r	blassblau	g gr b i v
	i b gr g o r		o g gr b i v
weiss	v i b gr g o r	weiss	r o g gr b i v

Diese Schemen veranschaulichen die Ordnung, in welcher die Farben in den Säumen auftreten, um sich zu mischen, ohne dass dabei auf die verschiedene Breite der Farbenstreifen des Spectrums Rücksicht genommen wäre; und man kann mit Hilfe der bekannten Helmholtz'schen Tabelle, nach welcher Gelb und Blau Weiss, Grün und Roth Mattgelb, Grün und Violett Blassblau, Violett und Blau Indigo etc. geben, nun leicht einsehen, dass sich dieselben in der That zu der durch die Erfahrung gegebenen Tinten mischen müssen.

§. 16. Zur Theorie der zusammengesetzten Farben.

Ich erlaube mir hier eine Reihe von Versuchen über zusammengesetzte Farben, zu deren Realisirung mir bisher Zeit und Gelegenheit mangelten, in Vorschlag zu bringen, welche meines Wissens nur in sehr unvollkommener Weise (von Volkmann) und zu einer Zeit ausgeführt wurden, wo durch die wichtigen Untersuchungen von Helmholtz [1]) über die „Theorie der zusammengesetzten Farben" der Unterschied zwischen dem Vorgange bei der Mischung von Farbstoffen und dem bei der Zusammensetzung der reinen Farben noch nicht festgestellt war.

Diese Versuche würden die Mischfarben zu vergleichen haben, welche durch unmittelbare Vermengung von Farbstoffen und durch

---

[1]) Müll. Arch. 1852, pag. 461.

Mischung des von denselben ungemengten Farbstoffen kommenden Lichtes entstehen.

Zu diesem Zwecke wäre z. B. zuerst ein kleines Rähmchen mit verschiedenfarbigen feinen Fäden dicht, aber in einfacher Lage zu bespannen und ein Gemenge aus denselben nun fein zerschnittenen Fäden zu bereiten, und aus einer passenden grösseren Entfernung zu betrachten; oder man könnte vermittelst Farbendruck eine Unzahl feiner dichtstehender Farbenpunkte auf weisses, farbiges oder mattschwarzes Papier auftragen lassen und dann wieder die angewendeten Farbstoffe direct mengen u. dgl.

§. 17. Über das sogenannte Problem des „Aufrechtsehens".

Zur Zusammenstellung der folgenden Bemerkungen, welche ich im Wesentlichen bereits im Jahre 1850 in der würzburger Aula als *quaestio promovendi* öffentlich vorgetragen habe, bin ich durch eine kurze Notiz von Ludwig Fick (Müll. Arch. 1854, pag. 220) veranlasst worden; indem dieselbe den vorliegenden Gegenstand, anstatt ihn seiner endlichen Erledigung näher zu bringen, wieder in jene heillose Verwirrung zurückzuwerfen droht, welche die Bemühungen Volkmann's und Lotze's für alle Zukunft beseitigt zu haben scheinen.

Fick begnügt sich nämlich nicht nur die alte Ansicht von der umgekehrten Einpflanzung der Retinalelemente in jenen Leibestheil, in welchem die Seele wohnt, — allerdings mit anerkennenswerther Entschiedenheit und Schärfe — einfach aufzuwärmen; — und das ist doch kein Fortschritt! sondern er meint damit (wofern ich ihn richtig verstanden habe), sogar auch den thatsächlichen Parallelismus des Gesichtssinnes und des Tastsinnes im Urtheil über die Lage der Objecte erschöpfend erklärt zu haben, was eben als ein gefährlicher Rückschritt bezeichnet werden muss und um so überraschender ist, als eine Erneuerung dieses Irrthums nach dem, was Volkmann [1]) von der „Richtung der Gesichtsobjecte" gelehrt hat, in der That unbegreiflich erscheint.

Fick ignorirt ganz und gar, dass die Vorstellung von der Richtung der Gesichtsobjecte erwiesenermassen wesentlich aus dem Bewusstsein der Muskelbewegung resultirt, welche die Augen

[1]) Handwörterbuch d. Phys. Art. „Sehen" pag. 340—346.

auf das fixirte Object einstellt, und, dass wir dem Oben und Unten erst, nachdem wir die veränderlichen Lagen unseres eigenen Körpers beurtheilen gelernt haben, eine von unserer momentanen wirklichen Stellung unabhängige Bedeutung geben können, indem wir es auf die vorgestellte aufrechte Körperstellung reduciren! — Übrigens ist es durchaus nicht meine Absicht im Folgenden die ganze Angelegenheit von A bis Ω noch einmal zu erörtern und das, was bereits an andern Orten und viel besser, als ich es vermöchte, gesagt ist, zu reproduciren. Es genüge in diesem Bezug die Hinweisung auf Volkmann und Lotze[1]). Ich will hier nur einen dunklen Punkt, den Einzigen, der, wie ich glaube, noch immer nicht als erledigt betrachtet werden kann, aufzuhellen versuchen.

Dieser Punkt bezieht sich auf den „Grund aller Irrthümer," als welchen Lotze das bekannte Vorurtheil bezeichnet „als läge in der wirklichen Stellung des Netzhautbildes für sich allein schon ein Motiv für die Seele, es in gleicher Richtung wahrzunehmen," — in Folge dessen man sich einbildet „weil auf der Retina das Bild des Fusspunktes der Objecte der Stirn näher liege, müsse es auch im empfundenen Sehfeld ihr näher also oben erscheinen" — und davon spricht, „dass das Netzhautbild umgekehrt[2]) werden müsse, gleich als wäre seine wirkliche Lage durch ihr blosses Dasein schon für die Seele nicht nur von Bedeutung überhaupt, sondern als bildete sie sogar eine Art von Hinderniss für das Aufrechtsehen, das durch eine besondere Anstrengung der Seele hinweggeräumt werden müsse."

Lotze fertigt dieses Vorurtheil durch einige Bemerkungen, die sich aus seinen Grundprincipien ergeben, sehr kurz ab, während es Volkmann ganz umgeht; allein diese Behandlung eines Punktes,

---

[1]) Med. Psychologie 1852, pag. 362—369.

[2]) Bei dieser Gelegenheit kann ich es nicht unterlassen, wie schon früher einmal, an die Bedeutung der „Vorstudien zur Topologie von J. B. Listing (abgedruckt aus den Göttinger Studien, 1847; Göttingen bei Vandenhoeck und Ruprecht 1848) für die naturwissenschaftliche Terminologie aufmerksam zu machen, indem sie wahrhaft unentbehrlich sind, um den Sinn gewisser topologischer Ausdrücke, wie „umgekehrt," „verkehrt," „verkehrt und umgekehrt zugleich" . . . etc., die in der Sprache des gemeinen Lebens der Präcision entbehren, und manchmal selbst von den Männern der Wissenschaft, wie z. B. von Fick a. a. O., und selbst von Lotze a. a. O., pag. 369, unrichtig angewendet werden, für den wissenschaftlichen Gebrauch festzustellen.

welcher als „Grund aller Irrthümer" bezeichnet worden ist, rächt sich an den Erklärungsversuchen der beiden berühmten Forscher.

Ich bin wenigstens überzeugt, dass es der oberflächlichen Behandlung dieses Punktes allein zuzuschreiben ist, dass die übrigens eben so klaren und scharfsinnigen, als erschöpfenden und gründlichen Auseinandersetzungen Volkmann's und Lotze's die Leser doch nicht ganz befriedigt haben und nicht befriedigen konnten, da es sich hier um ein allerdings nur halbverstandenes und unexact ausgedrücktes, aber vollkommen berechtigtes Moment handelt, das sich nicht bei Seite schieben, sondern nur durch ausdrückliche Anerkennung erledigen lässt.

Diese dunkle Lücke in den von Volkmann und Lotze versuchten Lösungen des Problems will ich nun in den folgenden Zeilen ausfüllen, indem ich mich bemühen werde jenes Vorurtheil sammt seinen Consequenzen zu erklären und zu erledigen, d. h. aufzudecken, welches berechtigte Moment ihm versteckt zu Grunde liegt, zu zeigen wie es entsteht und endlich den Theil Wahrheit, den es enthält, in den Erklärungsversuchen für immer zur Geltung zu bringen. —

Nach einem hinreichend allgemeinen von allen Physiologen „aller Farben" zugegebenen Ausgangspunkt mich umsehend, fällt mir die folgende Stelle der vortrefflichen Med. Psychologie von Lotze (pag. 362) in die Augen: „Man könnte behaupten, jede Netzhautfaser übe vermöge der Lage [1]) ihrer centralen Endigungsstelle im Gehirn einen ihr ganz allein eigenthümlichen Einfluss auf die Seele aus, und erzwinge demgemäss auch die bestimmte Localisirung ihrer Empfindung".

An diesen Satz, gegen den hoffentlich Niemand etwas einzuwenden haben wird, will ich meine weiteren Bemerkungen anknüpfen und sogleich hervorheben, dass er mit gleicher Berechtigung und Sicherheit hinsichtlich der Nerven des Tastorgans und der durch diese vermittelten Empfindungen gilt.

---

[1]) Es ist kaum nöthig, um Missverständnisse zu verhüten, daran zu erinnern, dass hier unter „Lage" ganz allgemein irgendwelche bestimmte organisch begründete Beziehungen und nicht etwa ausschliesslich nur einfach topologische (positorische) Beziehungen zu verstehen seien!

Auch die centralen Endigungsstellen der Tastnerven müssen im Gehirn solche Lagen haben, dass sie vermöge derselben einen jeder von ihnen eigenthümlichen Einfluss auf die Seele ausüben und demgemäss auch die bestimmte Localisirung ihrer Empfindung erzwingen können.

Da nun aber durch einen bekannten sehr einfachen Versuch [1]) erwiesen werden kann, dass ein diametraler Gegensatz zwischen der Localisirung der durch die Retina und der durch das Tastorgan vermittelten Empfindungen existirt; so ergibt sich mit Nothwendigkeit die allgemeine Forderung, dass auch die „Lage" der centralen Endigungsstellen der Seh- und der Tastnervenfasern eine in dieser Beziehung entgegengesetzte sein müsse.

Diese allgemeine und unbestreitbare Forderung ist es, welche nach meiner Meinung jenes vollkommen berechtigte, von Lotze und Volkmann nicht hinreichend gewürdigte Moment darstellt, welches in dem oben gerügten Vorurtheil enthalten ist.

Wie nun diese Forderung in dem immer wiederkehrenden Gedanken an die Nothwendigkeit einer Umkehrung des Netzhautbildes ihren unexacten Ausdruck finden konnte, leuchtet sofort ein, wenn man bedenkt, dass wir gewohnt sind von den Wahrnehmungen des Tast- und Muskelgefühls anzunehmen, dass sie uns bei natürlicher Stellung der peripherischen Eindrücke, auch eine vollkommen richtige und entsprechende Auskunft über die wirklichen Lagenverhältnisse der Dinge geben. Denn es muss uns, da wir das Gleiche von den Wahrnehmungen des Gesichtssinnes stillschwei-

[1]) Der Versuch, auf welchen ich mich hier beziehe, ist neuerlich in einem dickleibigen Werke von Serres d'Uzès (Sur les phosphènes, Paris, 1853) mit grosser Weitschweifigkeit behandelt worden und besteht wesentlich darin, dass man mit einem festen Körper, einer stumpfen Bleistiftspitze z. B. durch die geschlossenen Lider hindurch einen mässigen und umschriebenen Druck auf das Auge ausübt, welcher sowohl die Lider als die Retina an gleicher Stelle trifft und demgemäss auch gleichzeitig zwei Empfindungen, eine Tastempfindung (Druckbild) und eine Lichtempfindung (Phosphen) erregt, welche eine Vergleichung ihrer gegenseitigen Position gestatten. Vergleicht man nun wirklich die Localisirung dieser Empfindungen, so überzeugt man sich leicht, dass beiderlei Bilder auf entgegengesetzten Seiten der Sehaxe liegen. Drückt man nämlich mit dem Bleistift im Dunkeln, das geschlossene Auge von oben, so fühlt man den Druck oben, während das Lichtbild unten erscheint, drückt man hingegen den unteren Theil der Lider und der Netzhaut, so fühlt man den Druck unten, das Lichtbild erscheint oben u. s. w.

gend voraussetzen, zugleich aber mit Sicherheit wissen, dass die Netzhautbilder eine umgekehrte Lage haben, natürlicher Weise die umgekehrte Lage der Netzhautbilder in dieser Beziehung, als ein Hinderniss für das Aufrechtsehen erscheinen und zu dem Gedanken verleiten, dass in dem Bewusstsein eine „unmittelbare Nöthigung" liege, welche die Umkehrung der umgekehrten Netzhautbilder vollbringt.

Hiermit dürfte die Entstehung des gerügten Vorurtheiles hinreichend erklärt sein und — um die Aufgabe, welche ich mir gestellt habe, vollständig zu lösen — bleibt nur noch übrig der von mir formulirten und oben ausgesprochenen allgemeinen und berechtigten Forderung, welche jenem Vorurtheil versteckt zu Grunde liegt, in den Erklärungsversuchen des Problems Genüge zu leisten.

Um diese Angelegenheit zu erledigen, bin ich gezwungen auf die beiden, schroff sich gegenüber stehenden Grundanschauungen über das Wesen der Seele einzugehen, da es mir nicht einfallen kann, die grosse Streitfrage der Zeit, welche von beiden Anschauungen die alleinseligmachende, einzig richtige sei? hier entscheiden zu wollen.

1. Ist man, wie Fick, überzeugt, dass die Seele, wenigstens in Beziehung auf ihre Empfindungsfähigkeit ein Raum sei, in welchen hinein sich die räumlichen Bilder begeben, um da Platz zu nehmen, und setzt man — (nicht stillschweigend wie bisher, sondern ausdrücklich) — voraus, dass die Bilder des Tastorgans in derselben Lage von der tastenden Fläche bis zur Seele fortrücken; so wird man auch, in Folge unserer allgemeinen Forderung, anzunehmen sich gezwungen sehen, dass das Netzhautbild im Verlauf des Sehnerven um 180° um seine Axe gedreht werden müsse, d. h. dass die Einpflanzung der Retinalelemente in den Leibestheil, in welchem die Seele wohnt, die umgekehrte als in der Retina sein müsse.

Denn es ist nichts als wohlfeiler Spott, es plausibler oder „geistreicher" und durch seine „Ungewöhnlichkeit" anziehender finden zu wollen, wenn man das Netzhautbild parallel mit sich zum Gehirn fortschreiten liesse, dafür aber der Seele eine umgekehrte Stellung im Sehhirn gäbe oder wenn man das Tastbild statt des Retinabildes auf dem Wege von der Peripherie zum Centrum eine Umkehrung erleiden liesse!

Unter den gemachten Voraussetzungen ist also Das, was oben (nach Lotze) als ein Vorurtheil bezeichnet wurde, gar kein Vorurtheil, sondern eine nothwendige Consequenz, und ist man offenbar gezwungen die alte von Fick neuerdings vertretene Erklärung des „Aufrechtsehens" der umgekehrten Netzhautbilder anzunehmen — ohne noch desshalb, wie Fick (vgl. den Eingang des §.), in jenen, ebenfalls alten Irrthum verfallen zu müssen, dass damit zugleich auch schon Das erklärt sei, was Einige „die Richtung des Sehens" nennen.

2. Wenn man aber glaubt, dass es hinreicht „an die bodenlose Ungereimtheit erinnert zu haben, die noch immer ohne die mindeste Vorstellung von dem, was Empfinden oder Wahrnehmen heisst, sich in der Erklärung der psychischen Erscheinungen ergeht", um die eben erörterten Vorstellungen über das Wesen der Seele zu beseitigen; wenn man annimmt, dass, um überhaupt wahrgenommen werden zu können, jedes räumliche Bild, welches in den äusseren Sinnen ist, in eine Summe „intensiver Erregungszustände der Seele" übergehen muss, „die weder relative Lagenverhältnisse unter einander mehr haben, noch zusammengenommen eine Lage gegen aussen;" dann kann man freilich auch von einer Umkehrung des Netzhautbildes, buchstäblich genommen, wie vorhin sub 1, nicht mehr sprechen, obschon diesen Worten nichts destoweniger ein gewisser Sinn bleibt, denn es gilt auch hier die Frage: Welche Beziehung existirt zwischen der objectiven Räumlichkeit der Retinafläche und der wahrgenommenen Räumlichkeit des Sehfeldes, oder anders ausgedrückt, welche Position nimmt das gesehene Bild zu dem objectiven Bild oder Reiz auf der Netzhaut ein?

Diese Frage darf gestellt werden, weil wir unsere Vorstellung von der wirklichen Lage der gereizten Netzhautpunkte, über welche uns sowohl das Tast- und Muskelgefühl, als gewisse physicalische Betrachtungen sicheren Aufschluss geben, mit der Localisirung der durch dieselben vermittelten Lichtempfindungen vergleichen können; und sie muss gestellt werden, weil wir zwischen zwei an sich möglichen Beantwortungen zu entscheiden haben.

Es kann nämlich jede Erregung eines diesseits der Sehaxe gelegenen Netzhautpunktes einen Einfluss auf die Seele ausüben, vermöge dessen das durch sie erlangte Bild sich mit einem Raumpunkte associirt, der im Raumbilde entweder jenseits oder ebenfalls

diesseits der Sehaxe, deren Richtung uns immer genau bekannt ist, liegt.

Die Gelegenheit zur exacten Ermittelung dieser so zu sagen topologischen Beziehungen findet sich in jenem, oben citirten bekannten Versuche, wo die unmittelbare Vergleichung der Localisation eines Druck- und eines Lichtbildes, welche durch einen und denselben Eindruck an Orten des Tastorgans und der Retina, die, gegenseitig sich deckend, beide auf derselben Seite der Sehaxe liegen, erregt werden, und ferner in dem folgenden ebenfalls bekannten Versuche.

Man steche mit einer Nadel ein feines Löchelchen in ein Kartenblatt und halte dasselbe gegen einen hellen Hintergrund in solcher Entfernung vom Auge, dass es diesseits des Accommodationspunktes zu stehen kommt, so fällt die Vereinigungsweite der durch das Löchelchen hindurchtretenden Strahlen hinter die Netzhaut, auf die Netzhaut aber ein Zerstreuungskreis. (Vgl. Fig. 2.) Schiebt man nun ein zweites Kartenblatt ganz nahe am Auge von einer beliebigen Seite gegen die Mitte der Pupille vor, so wird der Zerstreuungskreis auf der Retina von derselben Seite her verdunkelt (vgl. Fig. 2), während der gesehene Zerstreuungskreis von der diametral entgegengesetzten Seite her sich verdunkelt.

Befindet sich das Löchelchen jenseits des Accommodationspunktes, so fällt abermals ein Zerstreuungskreis auf die Netzhaut, in diesem Falle jedoch nicht weil die Lichtstrahlen hinter, sondern vor der Retina im Punkte 0 (Fig. 3) ihre Vereinigung finden. Schiebt man jetzt das zweite Kartenblatt wieder gegen die Pupille vor, so wird der Zerstreuungskreis auf der Retina, wie Fig. 3 lehrt, von der entgegengesetzten Seite verdunkelt werden, während man nichts destoweniger den Zerstreuungskreis im Sehfelde sich von derselben Seite her verdunkeln sieht, von welcher das zweite Kartenblatt gegen die Mitte der Pupille vorgeschoben wird.

Es unterliegt somit nicht dem leisesten Zweifel, dass von den beiden oben aufgestellten Möglichkeiten die erste wirklich realisirt ist. Abgesehen von dieser experimentellen Beantwortung der Frage, kann man auch durch eine sehr einfache Überlegung, *a priori* zu der festen Überzeugung gelangen, dass bei der bestehenden Organisation unseres Auges und bei der beabsichtigten Harmonie der Localisation durch das Sehen mit der durch Muskel- und Tastsinn die Herstellung der eben erörterten

Beziehungen eben so nothwendig gewesen sei, als die umgekehrte Lage des Netzhautbildes.

Was den letzten Punkt betrifft, so hat bereits Lotze (a. a. O. pag. 368) schlagend nachgewiesen, dass gewisse sinnlose Widersprüche und optische Zweckwidrigkeiten für unser Auge, in welchem sich die Bilder auf dem concaven Hintergrunde projiciren und dessen Drehpunkt vor dem Bilde, zwischen ihm und dem Objecte liegt, nur durch ein umgekehrtes Netzhautbild zu vermeiden waren.

Was nun aber den ersten Punkt angeht, so hat Lotze's Darstellung eine Lücke, welche ich eben auszufüllen suche.

Setzen wir den Fall, dass die umgekehrten Bilder in derselben Lage, welche sie auf der Netzhaut einnehmen, auch im Raume wahrgenommen oder localisirt würden; so ergäben sich trotz des umgekehrten Netzhautbildes, sogleich wieder „sinnlose Widersprüche". Denn dann würde nicht nur die Augenaxe sich heben müssen, um das Bild eines von uns unten gesehenen Objectpunktes auf die Stelle des deutlichsten Sehens zu rücken, sondern auch die tastende Hand müsste eine Bewegung ausführen, die nach oben gerichtet wäre, um von dem Orte des Auges ausgehend denselben unten gesehenen Punkt zu erreichen. Ähnliche Disharmonien würden dann auch hinsichtlich des Rechts und des Links unvermeidlich sein.

Kurz also: die umgekehrte Lage des Netzhautbildes würde unter diesen Umständen, trotz ihrer sonstigen Nothwendigkeit, in der That ein Hinderniss sein, für das Aufrechtsehen, d. h. für die Harmonie unserer räumlichen Weltauffassung, — wenn die erregten Netzhautpunkte nicht zugleich die Fähigkeit besässen, die umgekehrte Localisation der durch sie vermittelten Bilder zu erzwingen.

Dass und in welchem Sinne wir daher auch bei den hier gemachten Voraussetzungen über das Wesen der Seele, von der Nothwendigkeit einer abermaligen Umkehrung des Netzhautbildes sprechen können, leuchtet wohl von selbst ein!

Was endlich das „Mechanische" behufs der Herstellung und Erklärung der factischen und als nothwendig erkannten Beziehungen zwischen Gesichtssinn, Tast- und Muskelgefühl betrifft, so werden wir, wenn wir mit Lotze festhalten, dass „jede dieser Beziehungen nur durch eine bestimmt geordnete Verflechtung und Wechselwirkung einer sensiblen Netzhautfaser mit motorischen Nervenfäden

hervorgebracht werden kann", auch annehmen müssen, dass die unteren Punkte der Retina durch ihre Nervenfasern so mit jenen motorischen Elementen verbunden sind, dass sie im Raumbilde des Muskelgefühls oben, die oberen so, dass sie unten etc.... erscheinen, während bezüglich der Nervenfasern des Tastorgans, entsprechend unserer oben ausgesprochenen allgemeinen Forderung, nothwendig das Entgegengesetzte gelten wird. — Hiermit ist unsere Aufgabe gelöst. —

Beiläufig will ich zuletzt noch an meine Versuche über das „Verkehrtfühlen" (vgl. dieser Studien II. Abth. a. a. O. pag. 513) erinnern, und kann dabei die Bemerkung nicht unterdrücken, dass sich auf Grund dieser Versuche für den von Lotze verketzerten Gedanken an eine Drehung der Fasern um 180° im Verlaufe des Opticus auch hier ein Ausdruck finden lässt, der ihn über das Niveau einer „bodenlosen Ungereimtheit" erhebt. Denn, da die angezogenen Versuche, welche freilich immer nur an einem schon geübten Tastorgan anzustellen sind, lehren, dass durch Verschiebung oder eigentlich Verkehrung (Perversion) der Lage der sensiblen Hautpunkte auch die Objecte verkehrt wahrgenommen werden, so würden die durch die Erregung der sensiblen Hautpunkte wahrgenommenen Tastbilder umgekehrt erscheinen müssen, wie die Bilder auf der Retina, wenn, *caeteris paribus*, das Hautstück um 180° um seinen Mittelpunkt gedreht werden könnte oder wenn die betreffenden Nerven eine totale Kreuzung erfahren könnten, so dass die unteren sensiblen Punkte die oberen, die oberen die unteren .... etc. würden.

Warum sollte es nun, selbst unter den Lotze'schen Voraussetzungen, gar so ungereimt sein, einen dem Verlaufe dieser Tastnerven ähnlichen Verlauf der Netzhautfasern anzunehmen? — wir brauchen ja mit dieser Hypothese keine einzige der wesentlichen Forderungen, die sich aus Lotze's Principien ergeben, über Bord zu werfen!

Man könnte höchstens einwenden, dass diese Annahme überflüssig sei, obschon man, wenn man einmal darauf ausgeht die psychischen Erscheinungen physiologisch zu erklären und sich über die im Seelenorgan getroffenen Einrichtungen bestimmtere Vorstellungen zu bilden, keinen Gedanken, falls er nur an sich brauchbar ist, von der Hand weisen sollte, den spätere Erfahrungen leicht bestätigen könnten.

§. 18. Zu Volkmann's Lehre von der „Richtung der Gesichtsobjecte".

1. Volkmann nennt (a. a. O. pag. 342) die an dem von Franz operirten Blinden gewonnene Erfahrung, dass der Blinde, der mit schielendem linken Auge sehen gelernt hatte, nachdem er durch eine zweite glückliche Operation vom Strabismus befreit worden war, Alles zu weit nach rechts sah [1], eine kostbare. Die ausdrückliche Anerkennung des Werthes dieser Erfahrung hat mich endlich bestimmt einen längst (1848) von mir ersonnenen Versuch zu veröffentlichen, der Jeden in den Stand setzt, jene „kostbare" Erfahrung an sich selbst zu machen.

Der Versuch ist so überaus einfach, dass ich nur desshalb und weil man in der Ophthalmiatrik seit Jahren prismatische Brillen verwendet und das Folgende ohne Zweifel schon bemerkt, wenn auch vielleicht nicht physiologisch gewürdiget hat, mit der Publication gezögert habe; und besteht darin, dass man ein Prisma, am besten ein achromatisches, vor das eine geöffnete Auge nimmt und durch dieses hindurch die Objecte betrachtet, während man mit der Hand nach ihnen langt.

Die Wirkung des Prisma ist nun genau dieselbe, welche bei dem Blinden die glücklich ausgeführte Schieloperation hervorbrachte, indem die Gesichtsobjecte, je nach der Lage des berechnenden Winkels des Prisma, weiter nach rechts, links, oben oder unten gesehen werden, als ohne Prisma und vor der Schieloperation.

Der hierbei eintretende Widerspruch zwischen der Localisation durch den Gesichtssinn und der durch Tast- und Muskelgefühl versetzt den Beobachter in eine eigenthümliche Verwirrung, welche sich nicht beschreiben, sondern nur erfahren lässt, und welche namentlich dem Anfänger gewissermassen als ein *argumentum ad hominem,* besser zum Verständniss dessen verhilft, um was es sich hier handelt, als die klarsten theoretischen Auseinandersetzungen; wesshalb ich denn auch den simplen Versuch mit dem Prisma den Lehrern der Physiologie nicht dringend genug empfehlen kann.

---

[1]) „Vielleicht könnte man fragen, was das heissen solle? Offenbar dies: Der Operirte suchte die Gegenstände, welche er bei ruhendem Auge am deutlichsten sah, statt gerade vor sich, rechts neben sich. Natürlich fand er sie nun nicht, und es bestand also eine zeitlang ein Widerspruch zwischen den Raumvorstellungen (nicht Anschauungen!) des Auges und des Getastes".

Die Erklärungen der beiden Erfahrungen, der mit dem Prisma und der an dem operirten Blinden, stimmen mutatis mutandis vollkommen überein. Eine Disharmonie der Raumvorstellungen muss nämlich eintreten, sobald aus irgend einem Grunde die Lage der Bilder auf der Netzhaut eine andere ist, als sie sein würde, wenn unser Auge wirklich auf jenen Raumpunkt gerichtet wäre, auf welchen wir es erfahrungsgemäss gerichtet meinen, da das Muskelgefühl, welches die Vorstellung von der Richtung der Gesichtsobjecte bedingt, nach wie vor dasselbe bleibt. Die Wirkung ist daher auch ganz gleich, mag man nun durch das Prisma oder, wie bei der Schieloperation, durch eine unbewusste Veränderung der Stellung des Auges bewerkstelligen, dass das Bild eines Objectes auf die Netzhautstelle fällt, auf welche bei der zum Bewusstsein kommenden Stellung des Auges erfahrungsgemäss das Bild eines in bestimmter Entfernung neben, unter oder über jenem liegendes Object fallen müsste; denn in beiden Fällen werden die durch die Erregung derselben Netzhautpunkte vermittelten Bilder, mögen sie auch ganz verschieden gelegenen Objecten entsprechen, an demselben Punkte im Raume gesehen, weil eben das Muskelgefühl wesentlich die Vorstellung der Richtung bedingt und nach wie vor dasselbe bleibt.

2. Die Harmonie unseres Urtheils über die Richtung der Gesichts- und der Tastobjecte kann nicht wohl eine absolute, unbegrenzte, ich möchte sagen atomistische sein. Und in der That wird diese Vermuthung unter anderm auch durch die folgende Erfahrung beim Sticken (Tapisseriearbeit) bestätigt. Es ist leicht, an sich und an anderen die Beobachtung zu machen, dass die Nadel beim Zurückstechen des Fadens unter 100 Fällen 99 Mal den gewünschten, vom Auge fixirten Punkt verfehlt; doch irrt die unter dem Canefass befindliche Hand, welche die Nadel führt, nie um mehr als ein bestimmtes Maximum und trifft auch sicher den einmal getroffenen Punkt mehrmal hinter einander, wenn sie dazwischen nicht etwa durch andere Bewegungen wieder desorientirt wurde. Ebenso verhält es sich natürlich auch, wenn wir versuchen die Augenaxen auf einen ungesehenen, nur durch die stickende Hand von unten fixirten Punkt einzustellen.

Auf diese Erfahrungen liesse sich ein Verfahren gründen, die Breite der möglichen Schwankungen der Localisation durch das Muskelgefühl zu messen.

2. Weitere Beiträge zur Physiologie des Tastsinnes.

Das Folgende enthält die angezeigte [1]) Fortsetzung jener Untersuchungen, welche im 3. Abschnitt der II. Abtheilung der vorliegenden „Studien" niedergelegt sind.

Diese Fortsetzung ist das Resultat des Bestrebens das Gebäude meiner, die Ansichten Weber's und Lotze's vermittelnden Lehre zu befestigen und weiter auszubauen.

Um das Folgende leichter anknüpfen zu können, sei mir hier eine kurze Revision jener Sätze gestattet, auf welche ich meine Hypothese gegründet habe.

1. Jede einzelne Nervenfaser hat ein gewisses Verästelungsgebiet in der Haut, d. h. geht in eine bestimmte Zahl (1, 2, 3 .... x) sensibler Punkte aus.

Dies können wir mit Sicherheit annehmen, müssen uns dagegen vorläufig jedes Ausspruchs über die Beschaffenheit und Anordnung dieser sensiblen Punkte, so wie über das gegenseitige Verhältniss der Verästelungsbezirke benachbarter Nervenfasern enthalten, da wir trotz aller Bemühungen der Mikroskopiker die eigentliche Endigungsweise der Nervenfasern in der Haut noch immer nicht genau genug kennen. E. H. Weber's Annahme, nach welcher die Verbreitungsbezirke der einzelnen Fibrillen scharf begrenzt neben einander liegen sollen, ist nicht hinreichend begründet.

Eben so unbegründet und vielleicht noch unwahrscheinlicher war meine 1849 ausgesprochene Idee einer totalen Interferenz dieser Verbreitungsbezirke, zu welcher ich durch theoretische Gründe und durch die Existenz der Nervenplexus in der Froschhaut verleitet wurde. Ja selbst die Negation der berührten Weber'schen Annahme, welche ich noch in meinen letzten Mittheilungen festhalten zu müssen glaubte, lasse ich hiermit als nicht hinreichend begründet und als unwesentlich für meine Theorie fallen [2]).

---

[1]) Wiener med. Wochenschrift, 1855, pag. 471.

[2]) Durch das Gesagte und indem ich noch hinzufüge, dass ich den gereizten Ton, zu dem ich mich hinreissen liess, lebhaft bedaure, glaube ich ein in der II. Abtheilung dieser „Studien" (pag. 509, Anmerkung), an dem grossen Physiologen begangenes Unrecht wieder gut gemacht zu haben.

2. Jeder sensible Punkt, welcher in Erregung versetzt wird, theilt derselben eine eigenthümliche Färbung — ein „Localzeichen" mit, welches ein bestimmtes Glied eines stätig abgestuften Systems von Localzeichen ist.

Hierbei müssen wir es nun wieder völlig unentschieden lassen, worin diese Localzeichen eigentlich bestehen (vgl. Lotze, Med. Psychologie, Cap. 4, pag. 325) und halten nur fest, dass jeder sensible Punkt mit seinem Localzeichen ein einfaches Element unseres inneren Raumbildes repräsentirt.

Es wäre freilich auch noch denkbar, dass selbst ein einzelner sensibler Punkt — als ob er gleichsam aus mehreren zusammengeschmolzen wäre — je nach der Richtung etwa, in welcher der Tastreiz auf ihn einwirkt, verschiedene Localzeichen vermitteln und demgemäss auch mehrere einfache Raumelemente repräsentiren könnte, oder dass im Gegentheile zur Herstellung eines Localzeichens die Erregung mehrerer Punkte nothwendig sei. Dies bleibe jedoch bei unserer gegenwärtigen Unkenntniss der Nervenprocesse völlig dahingestellt — so wie auch die Frage, ob die zu einer Stammfaser gehörigen sensiblen Punkte ihrer Erregung nur absolut gleiche oder verschiedene Localzeichen mitzutheilen im Stande sind?

3. Die Feinheit der Abstufung des Systems der Localzeichen scheint mit der relativen Anzahl der sensiblen Punkte und Nervenfibrillen in den verschiedenen Regionen der Haut correspondirend zu fallen und zu steigen; doch können wir jene mit dieser vorläufig in keine andere Beziehung bringen, als dass eben Beide (die Feinheit der Abstufung der Localzeichen, wie die relative Anzahl der sensiblen Punkte) wesentlich durch die nun einmal bestehenden, aber noch nicht näher erkennbaren und zu bezeichnenden, correspondirenden Verhältnisse des centralen und des peripherischen Nervensystems begründet sind.

Denn die grössere Zahl der sensiblen Punkte an sich bedingt offenbar nicht nothwendig auch einen grösseren Unterschied zwischen den Localzeichen der einzelnen sensiblen Punkte et vice versa.

Ja nicht einmal die Annahme erscheint hinreichend gerechtfertigt, dass der Unterschied der Localzeichen unmittelbar benachbarter Punkte überall derselbe sei, obschon dann allerdings die

Feinheit der Abstufung der Localzeichen mit der relativen Anzahl der sensiblen Punkte in directe Beziehung gebracht wäre.

Damit soll jedoch die fragliche Beziehung, zu deren genaueren Constatirung zunächst noch directe Zählungen der sensiblen Elemente in den verschiedenen Hautregionen erforderlich wären, eben so wenig geleugnet, als angenommen werden — wenn sie auch im Allgemeinen schon nach den bereits vorliegenden Erfahrungen in gewissen Regionen zu existiren scheint.

4. Je weiter zwei sensible Punkte einer Hautregion aus einander liegen, desto differenter müssen auch die ihnen eigenthümlichen Localzeichen sein, — wobei wir, wie gesagt, die Frage offen lassen, ob dies nur dann gilt, wenn die sensiblen Punkte mit verschiedenen Stammfasern zusammenhängen oder auch dann, wenn sie derselben Stammfaser angehören.

5. Bei der Einwirkung jedes Druckes, jedes Tastreizes wird gewöhnlich ein Complex von sensiblen Punkten erregt (Meissner).

Allein trotz der Erregung mehrerer sensibler Punkte (so zu sagen eines Zerstreuungskreises) durch ein einfaches und punktförmig beschränktes Tastobject entsteht doch erfahrungsgemäss auf keiner Hautstelle eine vielfache Empfindung, — ja selbst mehrere zeitlich und räumlich getrennte Tastreize fliessen innerhalb bestimmter und für die verschiedenen Hautregionen verschiedener Grenzen zu einer räumlich einheitlichen, räumlich untrennbaren Wahrnehmung zusammen.

6. Es existiren daher in der Haut Bezirke von bestimmter Grösse und Gestalt, welche eine Anzahl (1, 2, 3, 4, ... x) von sensiblen, mehr oder weniger gedrängt stehenden Punkten umfassen, deren Localzeichen sich nur unmerklich von einander unterscheiden, und innerhalb welcher somit eine Wahrnehmung jedweder räumlichen Beziehungen der Eindrücke nicht mehr möglich ist.

Diese Bezirke nannte ich „Empfindungskreise". Sie müssen als Raumeinheiten oder Raumelemente höherer Ordnung bezeichnet werden, wenn man jeden sensiblen Punkt mit seinem Localzeichen als ein einfaches Raumelement betrachtet. Ihr Durch-

messer bedingt wesentlich die Schärfe des räumlichen Wahrnehmungsvermögens.

In gewisser Beziehung hängt jedoch die Feinheit desselben auch von den so zu sagen mechanischen Verhältnissen der sensiblen Punkte an der Peripherie ab (s. unten über die „Irradiationskreise“ §. 19, ad 2).

7. Die Anordnung der Empfindungskreise, welche, wie gesagt, je nach der Hautregion eine bestimmte Anzahl von mehr oder weniger gedrängt stehenden sensiblen Punkten umfassen, muss man sich erfahrungsgemäss unter dem Bilde von unendlich vielen Kreisen oder Ellipsen [1]) denken, welche sich so interferiren, dass ihre Mittelpunkte die ganze Hautoberfläche stätig erfüllen [2]). Ich übersehe hierbei nicht, dass die sensiblen Punkte — soweit unsere histologischen Daten reichen — durch unempfindliches Gewebe getrennt sind.

8. Die durch die Empfindungskreise repräsentirten Raumeinheiten höherer Ordnung fallen insoweit zusammen, als sich die Empfindungskreise interferiren.

Die Elemente unseres subjectiven Raumbildes correspondiren eben genau — auf eine vorläufig unerklärbare Weise — mit den fixen, geometrischen Verhältnissen der sensiblen Punkte an der Peripherie.

9. Auf der Mosaik der sensiblen Hautpunkte und der Empfindungskreise können sich die Gestalten, Entfernungen und Bewegungen der wahrzunehmenden Tastobjecte gleichsam abbilden; und die Seele wird vermöge dieser bestehenden Einrichtung in den Stand gesetzt, die räumlichen Beziehungen der die Haut treffenden Reize aus einander zu halten und anzuschauen.

10. Concentration der Aufmerksamkeit und Übung des Tastorgans endlich können das Wahrnehmungsvermögen für die Unterschiede der den sensiblen Punkten eigenthümlichen Localzeichen ansehnlich schärfen. Auch von der (durch *Narcotica* u. s. w.) variablen Disposition der Centralorgane ist die Feinheit der Abstufung des

---

[1]) Vielleicht auch unregelmässig begrenzten Flächen?

[2]) Jeder sensible Punkt gehört daher vielen Empfindungskreisen an, nimmt aber in jedem derselben eine andere relative Lage zum Mittelpunkte ein.

Systems der Localzeichen und somit die Grösse der Durchmesser der Empfindungskreise abhängig.

Zum Beleg dafür lassen sich mancherlei Erfahrungen anführen.

Bei vorurtheilsfreier Erwägung der mitgetheilten zehn Thesen wird man, wie ich glaube, bald zu der festen Überzeugung gelangen, dass meine Theorie des Raumsinnes der Haut auf einer sicheren, unserem gegenwärtigen geringen Wissen allein vollkommen entsprechenden und jede voreilige oder nicht hinreichend begründete Annahme streng ausschliessenden Basis ruhe, und sowohl Jenen, welche die Wahrnehmung der räumlichen Beziehungen der äusseren Objecte auf dem Wege der „Auffassung," als Jenen, welche dieselbe nur auf dem Wege der „Wiedererzeugung der Räumlichkeit" erklären zu können meinen, wesentlich genügen dürfte. Auch kenne ich keine Thatsache, welche sich nicht auf die ungezwungenste Weise mit meiner Theorie in Zusammenhang bringen und deuten liesse.

Wollte man aber einwerfen, dass meine Theorie Nichts eigentlich erkläre, indem sie gewissermassen nur eine Umschreibung der Thatsachen sei, so könnte ich darauf hinweisen, dass Weber's, Lotze's und Meissner's Hypothesen durchaus Nichts besser erklären, dagegen aber zum Theil unbegründete Annahmen herbeiziehen, zum Theil mit gewissen Thatsachen nicht in Einklang zu bringen sind.

Der von mir eingeschlagene Weg erscheint mir als der vorläufig einzig mögliche und der besonnenen empirischen Forschung allein entsprechende.

Übrigens halte ich meine Darstellung durchaus nicht für abgeschlossen, und es ist mir überhaupt nur um die Sache, nicht um das Rechthaben zu thun, wesshalb mir jeder fördernde Widerspruch, jede freundliche Zurechtweisung willkommen sein wird.

Die Fortbildung der Theorie und die Erforschung der Thatsachen in anderen Richtungen auf eine spätere Zeit verschiebend, beschränke ich mich hier nur darauf, Einiges auszuführen und mitzutheilen, was sich hauptsächlich auf die Messung der Empfindungskreise, auf die Würdigung der von Lotze zusammengestellten Einwürfe gegen die Existenz der festen Empfindungskreise überhaupt, und auf die experimentelle Begründung dieser Annahme gegenüber der Lotze-Meissner'schen Hypothese bezieht.

§. 19. Über Messung der Empfindungskreise.

Es ist Lotze, welcher zuerst darauf aufmerksam gemacht hat, dass der nach Weber's alter Methode als Einheit empfundene Raum, für ungleichzeitige Erregungen die Möglichkeit differenter Raumempfindung birgt.

Aus dieser Thatsache ergibt sich, nach den voransgeschickten Begriffsbestimmungen, zunächst der Schluss, dass die wahren Empfindungskreise einen kleineren Durchmesser haben müssen, als jene Bezirke, innerhalb welcher zwei gleichzeitige Eindrücke nicht mehr räumlich unterschieden werden, und dann die doppelte Aufgabe: 1. den Grund der verschiedenen Feinheit des Wahrnehmungsvermögens für Raumbeziehungen gleichzeitiger und ungleichzeitiger Erregungen zu ermitteln, und 2. eine Methode aufzufinden, welche die Durchmesser der Empfindungskreise, wo möglich, direct und genau misst.

Ad 1. Vor Allem haben wir uns zu erinnern, dass die Erregung der zu einem Empfindungskreise gehörigen sensiblen Punkte die Möglichkeit aller und jeder differenten Raumempfindung ausschliesst, dass somit Empfindungen nicht eher irgend welche räumliche Beziehungen zu einander erhalten können, als bis nicht der Abstand der erregten Punkte wenigstens etwas grösser ist, als der Durchmesser eines Empfindungskreises.

Um einfach die Lage zweier auf einander folgender, zeitlich aus einander gehaltener Eindrücke zu beurtheilen, wird es daher — für den ersten Moment der späteren Berührung — im Allgemeinen genügen, dass der Abstand der erregten sensiblen Punkte den Durchmesser eines Empfindungskreises übersteigt (Fig. 4 *a*, *b*), während zwei gleichzeitige Erregungen bei demselben Abstande in eine (vielleicht etwas längliche, aber jedenfalls) räumlich untrennbare Empfindung unaufhaltsam zusammenfliessen müssen; da eine deutliche, totale, räumliche Unterscheidung und Trennung des gleichen oder verschiedenen qualitativen Inhalts gleichzeitig erregter Empfindungen offenbar nur möglich ist, wenn wir eine Vorstellung von dem dieselben trennenden Zwischenraum bekommen.

Diese Vorstellung beginnt, nach meiner Lehre von der Interferenz der Empfindungskreise, zu entstehen, nachdem einmal der

Abstand der gleichzeitig erregten sensiblen Punkte so gross geworden ist, dass sich keine der betreffenden Empfindungskreise mehr interferiren[1] (Fig. 4 *a, c*), kann aber erst dann vollkommen deutlich werden, wenn der fragliche Zwischenraum durch ein ganzes Raumelement höherer Ordnung repräsentirt wird, d. h. wenn zwischen die einander zugekehrten Grenzen der betreffenden Empfindungskreise ein ganzer Empfindungskreis zu liegen kommt (Fig. 4 *a, d*).

Mit diesen Consequenzen, welche sich aus keiner der anderen Theorien so klar ableiten lassen, stimmt es nun auf eine erfreuliche und überraschende Weise zusammen, dass (wie mein der Wissenschaft zu früh entrissener, ehemaliger Mitschüler R. Lichtenfels mit feiner Beobachtungsgabe hervorgehoben hat[2]), „die Überschreitung jener Distanz, für welche zwei (gleichzeitige) Eindrücke als unzweifelhafte Einheit erscheinen, nicht sogleich mit dem vollen Bewusstsein einer Doppelempfindung sich verknüpft und ebenso umgekehrt."

Ausser jenem Raume, in welchem ein Verschmelzen gleichzeitiger Eindrücke stattfindet, und jenem an dessen Grenzen die beiden Eindrücke völlig getrennt bleiben, existirt also wirklich noch ein mittlerer Raum, in dem die erzielten Empfindungen noch nicht entschieden getrennt, aber auch nicht mehr verschmolzen erscheinen.

Die Breite dieses mittleren Raumes entspricht, beiläufig bemerkt, dem Durchmesser eines Empfindungskreises (Fig. 4 *c, d*) und beträgt immer weniger als den dritten Theil der Distanz zwischen *a* und *d*.

Hiermit scheint nun der bisher kaum geahnte Grund des Widerspruches der Beobachtungen über die Feinheit des Wahrnehmungsvermögens für die räumlichen Beziehungen gleichzeitiger und ungleichzeitiger Eindrücke auf eine sehr einfache, naturgemässe, aus meiner Theorie von selbst sich ergebende Weise genügend erklärt zu sein.

Schliesslich muss ich noch eines interessanten Umstandes gedenken, welcher uns auf ein bisher unberührtes, hier in Betracht

---

[1] Vgl. oben pag. 580 Anmerkung und Thesis Nr. 8.

[2] Vgl. diese Sitzungsber. 1851, Bd. VI, pag. 341.

kommendes Moment hinweist. Ich meine die Bemerkung Lotze's[1]: „dass man oft, auch wenn die Zirkelspitzen gleichzeitig aufgesetzt werden, deutlich zwei Empfindungen erhält, die erst später zu einer einzigen verschmelzen". Es dürfte nämlich, falls die Lotze'sche Beobachtung nicht etwa doch auf einer Täuschung in Folge ungleichzeitigen Aufsetzens der Zirkelspitzen beruht, hieraus mit Nothwendigkeit auf eine analoge Erlahmung[2]) der sensiblen Elemente der Haut und auf eine Abstumpfung des Unterscheidungsvermögens des Raumsinnes, wie eine solche im Gebiete anderer Sinne in Folge andauernder Erregung der Nervensubstanz längst constatirt ist, zu schliessen sein.

Ad 2. Die alte Weber'sche Messungsmethode wird, nach den vorausgeschickten Auseinandersetzungen, zwar neben ihrem historischen, immer noch auch einen praktischen Werth zur Bestimmung der Feinheitsverhältnisse des Raumsinnes der Haut und zur etwaigen Berechnung des Durchmessers der Empfindungskreise, welcher, wie oben beiläufig bemerkt wurde, stets weniger als den dritten Theil der nach Weber gemessenen Abstände betragen muss, behalten; allein sie taugt nur in jener sinnreichen Form, in welcher sie von R. Lichtenfels angewendet wurde, zu einer genaueren indirecten Messung dieser Diameter, und macht die neue Methode, welche ich auf die Beobachtung der, zur Unterscheidung räumlicher Beziehungen ungleichzeitiger Eindrücke, erforderlichen Distanzen zu gründen gedenke, durchaus nicht überflüssig.

R. Lichtenfels hat nämlich in Folge der oben citirten Beobachtung für nöthig erachtet, nicht nur den Abstand zu messen, bei welchem zwei gleichzeitige Eindrücke eine deutliche Doppelempfindung zu veranlassen beginnen, sondern auch jenen, bei welchem die Verschmelzung der Eindrücke zu einer einfachen, räumlich untrennbaren Wahrnehmung ihre Grenze hat.

Leider hat Lichtenfels seine Messungen nur an einer einzigen Stelle (an der Dorsalfläche des rechten Unterarmes), bei longitudinalem Ansetzen der Zirkelspitzen in der Mittellinie, ausgeführt und sechs derartige Versuchsreihen in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

---

1) A. a. O. pag. 403.

2) Vgl. Hoppe's Med. Briefe XII. Heft, 1854. 47. Brief. Hoppe geht jedoch entschieden zu weit!

Ergebniss der	Grenze der einfachen Empfindung	Beginn der deutlichen Doppelempfindung
1. Versuchsreihe	25 Millim.	29 Millim.
2. „	28 „	34 „
3. „	26·5 „	32·5 „
4. „	27 „	33 „
5. „	26 „	28 „
6. „	26 „	35 „
Mittel	26·4 Millim.	32 Millim.
Grösse d. Schwankung	3 Millim.	6 Millim.

Aus dieser Tabelle ergibt sich, dass, während die Grenze der einfachen Empfindung kaum variabel ist, indem die Schwankung von 3 Millim. auf Rechnung der Beobachtungsfehler kommt, das Urtheil über den Beginn der vollen Doppelempfindung um die kleine Grösse von 6 Millim. schwankt, und — was schon Lichtenfels nicht für zufällig ansieht — der Raum, in welchem das Urtheil sich zweifelhaft verhält: 32—26, dieselbe Grösse, nämlich 6 Millim. hat.

Erscheint es schon an und für sich wünschenswerth, alle Regionen des Tastorgans nach dem Lichtenfels'schen Verfahren, soweit dasselbe anwendbar ist, zu prüfen, so dürfte doch die Wichtigkeit dieser Aufgabe erst in Erwägung der Deutung und Bedeutung, welche die, durch die angezogenen Messungen, ermittelten Thatsachen nach meiner Lehre von den Empfindungskreisen erhalten, recht deutlich in die Augen springen.

Im Sinne dieser Lehre stellt es sich nämlich heraus, dass die von Lichtenfels gemessenen Abstände den Punkten *a, c* und *d* meiner Schemen Fig. 5, 6, 7 — und somit auch die Differenz 32—26 = 6 Millim. der Differenz $ad - ac = cd$ entsprechen.

Nun ist aber *cd* (= 6 Millim.) nahezu = dem Durchmesser eines Empfindungskreises; es diente also das Lichtenfels'sche Verfahren zur indirecten Messung der Empfindungskreise. In Übereinstimmung damit wäre es denn auch, dass der gefundene Durchmesser des Empfindungskreises, nämlich 6 Millim., in der That auch weniger als den dritten Theil von 32 Millim., d. i. vom Abstand *ad*, und weniger als die Hälfte von 26 Millim., d. i. vom Abstand *ac* beträgt.

Ich darf es hier beiläufig wohl als eine sprechende Bestätigung meiner Deutung anführen, dass unter den 32 von Lichtenfels a. a. O. mitgetheilten Messungen, welche zum Theil unter normalen Verhältnissen, zum Theil nach der Einnahme von Atropin, Daturin, Morphin, Strychnin, Alkohol u. s. w. angestellt wurden, nur zwei (überdies verdächtige) Fälle vorkommen, in welchen die Grösse *cd* mehr als den dritten Theil von *ad* und mehr als die Hälfte von *ac* beträgt.

Aus meiner Deutung der Thatsachen ergibt sich ferner, dass:

$$2\,cd + x = ac, \text{ (12 Millim. } + x = 26 \text{ Millim.)}$$
$$\text{und } 3\,cd + x = ad, \text{ (18 Millim. } + x = 32 \text{ Millim.)}.$$

Dieses x wäre aber der doppelte Halbmesser jenes Zerstreuungskreises, welcher jeden auch noch so beschränkten Tastreiz umgibt; es diente also das Lichtenfels'sche Verfahren auch zur Bestimmung der Zerstreuungskreise.

Ich habe schon oben in der 5. These darauf hingewiesen, „dass „bei der Einwirkung jedes Druckes, jedes Tastreizes ein Complex „von sensiblen Punkten erregt wird“. Hier ist es endlich am Orte, auf dieses wichtige Verhältniss näher — wenn auch nur andeutungsweise — einzugehen.

Schon Meissner sagt in seinen vortrefflichen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Haut, Leipzig, 1853, pag. 44: „Ein „jeder Reiz, welcher die Haut an irgend einer Stelle trifft, wird „nothwendig, mag er noch so beschränkt und fein sein, mehr als „einen sensiblen Punkt treffen, da einerseits an vielen Hautstellen „die sensiblen Punkte so nahe an einander gerückt sind, dass schon „die Wirkung des Reizes in gerader, senkrechter Richtung ihrer „mehrere treffen muss, und da andererseits neben dieser Wirkung „auch eine in seitlicher Richtung, im Umkreise jener, stattfinden „muss, gewissermassen ein Zerstreuungskreis des Reizes gebildet „wird;“ . . . . „und so ist es denkbar, dass vielleicht die „Erregung der Punkte, welche dem Zerstreuungs- oder Irradiations- „kreise eines Reizes angehören, in irgend welcher Weise für die „Seele das Localzeichen des Reizes ausmacht, dessen eigener „qualitativer Inhalt dann durch die Wirkung in gerader Richtung, „durch die Erregung der Punkte, welche das Centrum des Irra- „diationskreises bilden, wahrgenommen würde“.

Man kann in der That annehmen, dass die einzelnen Localzeichen der sämmtlichen, durch die volle Wirkung des Tastreizes erregten sensiblen Punkte für die erzielte Empfindung ein Localzeichen höherer Ordnung zusammensetzen würden, welches, gegenüber dem rein physicalischen, als der physiologische Irradiationskreis zu betrachten wäre, während der eigene qualitative Inhalt des Reizes durch die Erregung der Punkte im Centrum des Irradiationskreises zur Wahrnehmung käme.

Von der Grösse des rein physicalischen Irradiationskreises, welche vom Druck, von der Elasticität der Haut, von der Beschaffenheit der Umgebung u. dgl. abhängt, bekommt man näherungsweise eine Vorstellung, wenn man darauf achtet, in welchem Umkreise um den Berührungspunkt herum die Haut, durch eine senkrecht aufgesetzte stumpfe Bleistiftspitze z. B., in Bewegung geräth. Schon bei mässigem Drucke entsteht eine trichterförmige Vertiefung, nach deren Mittelpunkt hin die Haut gezerrt und angespannt wird. Eine momentane Berührung mag eine ähnliche kreisförmige Erregungswelle zur Folge haben, wie etwa ein ins Wasser geworfener Stein. Man überzeugt sich so, durch Beobachtung der Haut, leicht, dass der physicalische Irradiationskreis einen Durchmesser von einigen Linien bis zu mehreren Zollen haben kann!

Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass der rein physicalische Zerstreuungskreis, dessen Wirkung gegen die Peripherie hin allmählich erstirbt, in seiner ganzen Ausdehnung für den physiologischen, d. h. für das Localzeichen höherer Ordnung, in der Art verwerthet werde, dass er gewissermassen ein Hinderniss für die räumliche Unterscheidung mehrerer Tastreize abgeben könnte. In welcher (möglicherweise sehr variablen) Ausdehnung er aber wirklich in dieser Beziehung als Hinderniss in Betracht kommt, ergibt sich eben durch das Lichtenfels'sche Verfahren.

So findet man aus den obigen Gleichungen $x = 14$ Millim., während der rein physicalische Zerstreuungskreis gewöhnlich einen weit grösseren Durchmesser besitzt.

Dies Alles sind Andeutungen, welche in der Zukunft genau verfolgt und bestimmt formulirt werden müssen, und welche ich überhaupt nur vorbringe, um merken zu lassen, dass ich gewisse Consequenzen und Bedenken nicht übersehen habe, die man vielleicht aus der Existenz der Irradiationskreise gegen meine Deutung

der Thatsachen wird ziehen und dagegen wird erheben wollen, dass ich das, was oben ad 1 über die nothwendigen Abstände der erregten Punkte a, b, c und d, sofern die durch dieselben vermittelten Empfindungen räumliche Beziehungen erhalten sollten, sich ergab, hier auch von den Abständen der (schattirten) Irradiationskreise $\alpha a \alpha$, $\beta b \beta$, $\gamma c \gamma$ und $\delta d \delta$ (vergl. die Schemen Fig. 5, 6 und 7, welche die drei möglichen Fälle erläutern, wo der Durchmesser der Irradiationskreise kleiner, gleich und grösser ist als der Durchmesser der Empfindungskreise) behaupten möchte.

In den Schemen Fig. 5, 6 und 7 ist $a\alpha = b\beta = c\gamma = d\delta = \frac{x}{2}$, $\alpha\alpha = \beta\beta = \gamma\gamma = \delta\delta = x$, und daher auch $a\alpha + c\gamma = \alpha a + d\delta = x$, $ac = 2ab + x$, $ad = 3ab + x$, $ab = cd$ u. s. w. —

Was nun die neue Messungsmethode betrifft, welche ich, wie gesagt, auf die Beobachtung ungleichzeitiger Eindrücke zu gründen gedenke, so besteht sie einfach darin, dass man die Spitzen eines Zirkels nach einander und in bestimmter Distanz von einander, mit der Haut in Berührung bringt und darauf achtet, bei welcher Distanz der Beobachter mit Sicherheit angeben kann, wo sich der spätere Eindruck, ob oben oder unten, rechts oder links von dem früheren, befindet.

So lange der Beobachter über die Lage des späteren Eindruckes sich irren kann, so lange sind wir berechtigt anzunehmen, dass der gemessene Abstand nicht grösser ist, als der Durchmesser eines Empfindungskreises. Erst wenn der Beobachter die Lage des zweiten Eindruckes mit voller Sicherheit zu bestimmen beginnt, beträgt der gemessene Abstand wenigstens den Durchmesser eines Empfindungskreises, welcher somit den unteren Grenzwerth oder vielmehr den Nullpunkt der Scale darstellt.

Dies gilt wahrscheinlich selbst dann, wenn die Irradiationskreise bedeutend grösser sind als die Empfindungskreise, weil sich die Localzeichen höherer Ordnung auch unter diesen Umständen nicht früher, als es dem Zweck der Messung entspricht, aus hinreichend differenten Raumelementen zusammensetzen können; obschon hier die Möglichkeit einer beiläufigen Bestimmung der Richtung, in welcher der zweite Eindruck stattfindet, vielleicht auch schon dann gegeben sein könnte, wenn ab noch kleiner als der Durchmesser eines Empfindungskreises ist, da die äussersten der, durch

beide Irradiationskreise erregten Punkte (α und β, Fig. 8) jedenfalls bereits verschiedenen weit aus einander liegenden Empfindungskreisen angehören.

Nach dieser Methode würde also näherungsweise der Abstand *ab* gemessen, welcher $= cd$ ist und somit ebenfalls stets weniger als den dritten Theil von *ad* und weniger als die Hälfte von *ac* betragen muss. (Fig. 5, 6, 7.)

Man sieht leicht ein, wie die neue Methode und das Lichtenfels'sche Verfahren gegenseitig sich ergänzen und controliren können und müssen [1]).

Einige vorläufige Versuche, meine Methode praktisch in Anwendung zu bringen, haben mich gelehrt, dass ein gewöhnlicher Zirkel kein passendes Instrument dazu ist, indem die zu messenden Abstände meist so klein sind, dass man das Nacheinander der Berührungen durch Neigen des Zirkels nur sehr unbequem und unvollkommen bewerkstelligen kann.

Ich habe mir daher zu meinen Messungen einen eigenen Stangenzirkel machen lassen, dessen ein Schenkel kürzer und in verticaler Richtung beweglich ist, so dass er bei noch so geringem Abstande von dem andern horizontal verschiebbaren Schenkel beliebig wann mit dem Finger bis auf die Haut herabgedrückt werden kann. (Vergl. Fig. 9 und die Erklärung der Abbildungen.)

Die folgenden Tabellen enthalten eine Anzahl von Bestimmungen der Grössen *ab, ac* und *ad,* aus welchen sich x, d. h. der in Betracht kommende Durchmesser des Irradiationskreises, leicht berechnen lässt.

Die Spitzen des zu diesen Messungen gebrauchten Stangenzirkels (Fig. 9) hatten einen Durchmesser von je 0·4‴. Zur Untersuchung sehr feinfühlender Hautstellen dürften feinere Spitzen nöthig sein.

---

[1]) Dem wahren Durchmesser der Empfindungskreise kann man sich offenbar oft noch mehr nähern, wenn man nicht nur die Differenz $ad - ac$, und die Distanz berücksichtigt, welche nöthig ist, um ungleichzeitige Eindrücke hinsichtlich ihrer Lage zu beurtheilen, sondern auch noch die Grenzen jener Bezirke, innerhalb welcher die Lage ungleichzeitiger Eindrücke nicht mehr wahrgenommen werden kann.

A. Versuche an einem weiblichen Individuum von 26 Jahren.

Theil der Haut	Abstand der ungleichzeitigen Eindrücke $= ab$	Abstand der gleichzeitigen Eindrücke		$ad - ac = cd$
		Grenze der einfachen Empfindung $= ac$	Beginn der deutlichen Doppel-Empfindung $= ad$	
Handrücken	2·3 W. L.	6·0 W. L.	9·0 W. L.	—
	1·5‴	5·0‴	6·7‴	—
	1·5‴	4·3‴	5·1‴	—
Mittel . .	1·7‴	5·1‴	6·9‴	1·8‴
Vorderarm, Mitte d. Rückenfläche	2·5‴	7·0‴	10·0‴	—
	1·7‴	12·0‴	13·6‴	—
	1·7‴	5·2‴	9·7‴	—
	1·9‴	10·0‴	—	—
	2·5‴	—	—	—
Mittel . .	2·0‴	8·5‴	11·1‴	2·6‴

B. Versuche an einem männlichen Individuum von 30 Jahren.

Theil der Haut	ab	ac	ad	$ad - ac = cd$
Handrücken	1·9‴	7·2‴	9·4‴	—
	1·8‴	6·0‴	8·0‴	—
	2·2‴	8·0‴	10·3‴	—
Mittel . .	1·9‴	7·0‴	9·2‴	2·2‴
Vorderarm, Mitte d. Rückenfläche	3·5‴	11·0‴	14·3‴	—
	5·0‴	6·7‴	11·3‴	—
	3·7‴	9·3‴	12·4‴	—
Mittel . .	4·0‴	9·0‴	12·7‴	3·7‴
Oberarm, Mitte der Rückenfläche	4·7‴	13·8‴	15·3‴	—
	5·1‴	12·8‴	16·2‴	—
	4·5‴	11·4‴	21·3‴	—
	5·0‴	12·0‴	—	—
Mittel . .	4·8‴	12·5‴	17·6‴	5·1‴

Die Resultate dieser Messungen, welche auf alle Hautregionen ausgedehnt und mit grösster Sorgfalt geprüft werden sollten, stimmen zwar mit den Forderungen meiner Lehre überraschend genau zusammen, allein schliesslich muss ich doch hervorheben, dass es in der Natur der Sache, d. h. unserer Empfindungen liegt, dass alle, durch derartige verhältnissmässig grobe Messungen gewonnenen Zahlen, nur mit der grössten Vorsicht und Zurückhaltung für oder gegen

theoretische Forderungen und Hypothesen zu benutzen sind; indem mancherlei Beobachtungsfehler mit unterlaufen können, die sich zum Theil vielleicht nicht einmal durch Berechnung von Mittelwerthen, aus sehr zahlreichen Beobachtungen, ganz eliminiren lassen; wodurch in diesem Bezug die Möglichkeit, d. h. der wissenschaftliche Werth der Messungen freilich ganz in Frage gestellt würde.

Dieses Bedenken erhebe ich nun natürlich auch gegen meine eigenen, in der zweiten Abtheilung dieser „Studien" (§. 8, 9 und 10) mitgetheilten Messungen, welche ich überdies noch insofern als unvollkommen bezeichnen muss, als sie nur nach einer (der alten Weber'schen) Methode ausgeführt wurden.

§. 20. Beleuchtung der von Lotze[1]) zusammengestellten Einwürfe gegen die Existenz „fester" Empfindungskreise.

Obschon Lotze's Einwürfe nur gegen die ältere, in der That „ingeniös gedachte Deutung der Thatsachen" von Weber gerichtet sind und weder Weber's neuere Fassung, welche gewisse allgemein getheilte Missverständnisse berichtigt hat, noch auch meine eigene Lehre von den Empfindungskreisen wesentlich berühren; so bringe ich dieselben doch noch einmal hier zur Sprache, erstens um zu zeigen, wie wenig Lotze berechtigt war am Schlusse seiner Auseinandersetzung den Satz: „die festen Empfindungskreise existiren daher nicht," ganz allgemein hinzustellen; und zweitens um eine passende Gelegenheit zu haben, einige auf diesen Gegenstand bezügliche Bemerkungen von allgemeiner Wichtigkeit anbringen zu können.

Was zunächst den ersten Punkt betrifft, so konnte Lotze, nach meinem Dafürhalten, in Erwägung der von ihm zusammengestellten Bedenken, nur die Existenz solcher festen Empfindungskreise leugnen, wie sie im Sinne der älteren Weber'schen Lehre gewöhnlich (aber irrthümlich) aufgefasst wurden, denn die Annahme gewisser Bezirke von bestimmter Gestalt und Grösse, welche in der Haut die nächsten Elemente unseres Raumbildes repräsentirten und als „feste Empfindungskreise" zu bezeichnen wären, ist im Allgemeinen durch jene Bedenken durchaus nicht widerlegt.

---

[1]) A. a. O. pag. 204.

Wenn wir auf die einzelnen Einwürfe Lotze's näher eingehen, so erkennen wir nämlich bald, dass sie dem Wesen der festen Empfindungskreise gar nicht widersprechen.

So sagt Lotze a. a. O. pag. 402: „Denken wir uns einen dieser Empfindungskreise, z. B. am Oberarm, wo er ja eine Ausdehnung von mehr als einem Zolle haben kann, aus den Raumpunkten *a, b, c, d* u. s. w. zusammengesetzt, so würde es eine Consequenz der Ansicht von Weber sein, dass nicht nur die gleichzeitige Berührung der Punkte *a* und *d* als eine Empfindung wahrgenommen würde, sondern die Empfindung würde auch dieselbe bleiben müssen, ob wir nun mit einer einzigen Zirkelspitze *d* oder *a* berühren. Wenn wir daher die Zirkelspitze nach mannigfachen Richtungen auf der Haut herumführen, ohne doch die Grenzen dieses Empfindungskreises zu verlassen, so könnten wir dadurch keine Wahrnehmung einer Bewegung erhalten, sondern Alles würde sich verhalten als würde beständig derselbe Punkt erregt".

Hieraus ist aber im besten Falle offenbar nichts weiter zu schliessen, als dass die festen und wahren Empfindungskreise eben einen kleineren Durchmesser haben müssen, als jene Bezirke, innerhalb welcher gleichzeitige Eindrücke zu einer räumlich untrennbaren Wahrnehmung verschmelzen, nicht aber etwa, dass überhaupt keine festen Empfindungskreise existiren.

Denn mit dem wahren Begriff eines festen Empfindungskreises ist es gar nicht unvereinbar, dass Empfindungen, die durch Erregung der zu einem Empfindungskreise gehörigen sensiblen Punkte entstehen, qualitativ verschieden seien und von der Seele in intensiver Weise aus einander gehalten und unterschieden werden könnten. Die Ununterscheidbarkeit der innerhalb eines Empfindungskreises erzielbaren Empfindungen bezieht sich nämlich lediglich auf ihre räumlichen Beziehungen, und so ist es denn so lange kein Widerspruch, dass wir es erlernen, eine ruhende Berührung von einer bewegten Berührung selbst innerhalb eines wahren Empfindungskreises wohl zu unterscheiden, so lange, sage ich, als dies nicht durch Wahrnehmung der Verschiedenheit irgend welcher räumlichen Beziehungen geschieht und wir nicht zugleich etwa eine Vorstellung von der Richtung dieser Bewegung bekommen.

Dass es aber wirklich Bezirke in der Haut gibt, innerhalb welcher durch eine leise Berührung mit einem in bestimmter Rich-

tung bewegten Körper — wenn sie ohne alle Hautverschiebung erfolgt — die Vorstellung einer Bewegung ohne angebbare Richtung erweckt werden kann, ist eine Thatsache[1]).

Man muss sich wohl hüten, die Vorstellungen, welche wir dem Raumsinn des Tastorgans verdanken, mit jenen Wahrnehmungen zu confundiren, welche der Tastsinn der Haut vermittelt.

Ähnlich verhält es sich mit einem andern Bedenken, das Lotze pag. 404 vorbringt. Lotze findet es unvereinbar mit der Existenz fester Empfindungskreise, wenn man im Stande sein sollte, innerhalb eines solchen einen Kreis von einer Kreisfläche, einen Ring von einem gleichgrossen Petschaft zu unterscheiden; allein er hätte nur dann Recht, wenn er beweisen könnte, dass die Unterscheidung der beiden Eindrücke durch den Raumsinn in Folge der wirklich wahrgenommenen, verschiedenen Gestalt und räumlichen Ausdehnung der gereizten Hautstelle geschieht, und wenn nicht überdies factisch Bezirke in der Haut existirten, innerhalb welcher eine solche Unterscheidung ganz unmöglich ist.

Hinsichtlich der durch die alte Weber'sche Methode direct gemessenen Bezirke, die aber freilich nicht für die wahren Empfindungskreise gelten können, mag Lotze in gewisser Beziehung nicht Unrecht haben, obschon selbst innerhalb dieser Bezirke die Wahrnehmung der räumlichen Beziehungen der durch den Querschnitt eines soliden Stabes und einer gleichgestalteten Röhre erregten Empfindungen eine so vage ist, dass wir den Umriss und die verschiedene Gestalt jener beiden Tastobjecte nicht zu erkennen im Stande sind, ihre etwaige Unterscheidbarkeit daher wesentlich nur auf unräumlichen Kennzeichen beruhen muss.

---

[1]) So fühlt man z. B. auch sehr deutlich, dass ein Haar irgend eines unterstützten Körpertheiles leise bewegt und hin und her gebogen wird, ohne eine Ahnung davon zu haben, in welcher Richtung dies geschieht. Beiläufig mache ich darauf noch aufmerksam, dass unser Wahrnehmungsvermögen, unter allen räumlichen Beziehungen, für die Richtung bewegter Eindrücke am schärfsten (an manchen Orten sogar fast unbegrenzt) zu sein scheint, indem wir dieselbe meist schon vor Überschreitung eines jener Bezirke angeben können, innerhalb welcher uns noch nicht einmal die gegenseitige Lage ungleichzeitiger Eindrücke deutlich ist. Dies findet aber seine genügende Erklärung wesentlich darin, dass der rein physicalische Zerstreuungskreis eines bewegten Eindruckes keiner Kreiswelle vergleichbar ist, sondern etwa jener Welle, welche ein bewegter Kahn auf dem Wasserspiegel zieht, und überdies *caeteris paribus* (in Folge der Hautverschiebung) stets grösser ausfallen mag, als der eines unbewegten Eindruckes.

Ein drittes Bedenken Lotze's bezieht sich lediglich auf die, aus der alten, missverstandenen Weber'schen Ansicht fliessende Consequenz, dass die Empfindungskreise „von einer ganz schmalen Linie schärfster Unterscheidungsfähigkeit" umzogen sein müssten. Damit hat es nun freilich seine volle Richtigkeit, allein dieser Einwurf ist nur gegen die alten Weber'schen, nicht gegen die Empfindungskreise überhaupt gerichtet.

Viertens endlich weiss Lotze „der sonderbaren Folgerung nicht zu begegnen, welche Kölliker aus Weber's Annahmen zieht. Es seien *a*, *b*, *c*, *d*, *e* auf einander folgende Punkte des Oberarms. Zwei Spitzen in *a* und *b* werden als eine empfunden, *a* und *b* mithin von derselben Primitivfaser versorgt; aber *b* und *c* gleichzeitig erregt, geben auch nur eine Empfindung; die Nervenfaser für *c* ist also dieselbe wie für *b*, folglich auch wie für *a*; zwei Spitzen in *c* und *d*, in *d* und *e* geben wieder nur eine Empfindung, also reichte dieselbe Faser auch bis *e*, und sofort über die ganze Körperoberfläche. Gleichwohl ist es nach Weber's vollkommen bestätigten Versuchen Thatsache, dass wenn *a* und *b*, und dann *b* und *c* zusammengereizt nur eine Empfindung geben, doch die gleichzeitige Berührung von *a* und *c* deren zwei geben kann".

Auch dieser letzte Einwurf beweist nichts gegen die Existenz der „festen" Empfindungskreise überhaupt, an welcher wir daher unbeirrt festhalten können; ob auch müssen, wird der folgende Paragraph beleuchten.

Hier will ich nur noch einen scheinbar gewichtigen, speciell gegen meine Lehre von den Empfindungskreisen gerichteten Einwurf, welcher einige Ähnlichkeit mit der zuletzt erwähnten „sonderbaren Folgerung" Kölliker's hat, im Voraus begegnen und damit vielleicht wesentlich zum richtigen Verständnisse meiner Auffassung der Empfindungskreise beitragen.

Es seien *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* . . . auf einander folgende sensible Hautpunkte. Je drei derselben mögen zu einem Empfindungskreise gehören; *a*, *b*, *c* fallen mithin in eine Raumeinheit höherer Ordnung zusammen; aber *b*, *c* und *d* gehören ebenfalls zu einem Empfindungskreise; *d* fällt also mit *b* und *c*, folglich auch mit *a* zusammen u. s. f.

Auf diesem Wege würde man dazu kommen, dass sämmtliche sensiblen Punkte der Haut nur eine einzige, ungegliederte Raumeinheit repräsentirten, dass somit meine Annahme einer Interferenz der

Empfindungskreise ad absurdum führe, und aus diesem Grunde unstatthaft sei.

Zu demselben Endresultate würde man gelangen, wenn man jene Argumentation gewissermassen umkehrte; weil *d* einem andern Empfindungskreise angehört als *a*, so kann es nicht mit *a* zusammenfallen, *c* gehört aber zu einem Empfindungskreise mit *d*, also kann *c* (wie *d*) wiederum nicht mit *a* zusammenfallen, obschon es mit *a* ebenfalls zu einem Empfindungskreise gehört ... quod est absurdum.

Allein diese widerspruchsvollen Folgerungen, welche übrigens nicht exacter gedacht sind, als wenn man etwa beweisen wollte, dass 1000 Waizenkörner keinen Haufen bilden können, weil ein Korn und noch eines keinen bilden, oder aber, dass schon ein Korn einen Haufen repräsentiren muss, weil 999 (d. h. 1000—1) Körner auch noch einen Haufen ausmachen, beruhen nur auf einem Missverständniss meiner Auffassung der Empfindungskreise und ihrer Interferenz, und sind nicht zulässig. Denn die Localzeichen α, β, γ ... der sensiblen Punkte *a*, *b*, *c* ..., welche einem Empfindungskreise angehören, sind durchaus nicht identisch an sich, sondern nur in so fern nahezu identisch für uns, als sie eben ein Raumelement höherer Ordnung repräsentiren.

Wir haben es hier mit verschwindend kleinen Differenzen zu thun, die aber darum noch nicht Null sind.

Die Empfindungskreise sind nach meiner Auffassung eben nur ein, ich möchte sagen, graphischer Ausdruck der Feinheit der „fixen" Gliederung des, an die sensiblen Punkte der Haut geknüpften Systems der Localzeichen.

§. 21. Experimentum crucis.

Lotze und Meissner leugnen zwar auf der einen Seite die Existenz der „festen" Empfindungskreise ganz und gar, und glauben alle Thatsachen, welche die Physiologie des Tastorgans festgestellt hat, befriedigend nach dem Satze deuten zu können, „dass zwei Empfindungen um so deutlicher geschieden werden je differenter, um so undeutlicher, je identischer ihr qualitativer Inhalt sammt den Localgefühlen ist, die sich an ihn knüpfen"; allein auf der andern Seite sagen sie selbst: „es genügt nicht, dass jede Stelle der Haut dem sie treffenden Reiz ein besonderes ihr eigenthümliches Localzeichen verleiht, sondern alle diese Localzeichen müssen Glieder

einer geordneten Reihe, eines abgestuften Systems vergleichbarer Elemente sein“, und geben also eigentlich denn doch zu, dass die Seele gewissermassen ein Bild von den geometrischen Verhältnissen in der Anordnung der sensiblen Hautpunkte — eben durch jenes abgestufte System von Localzeichen — erhalte und im Stande sei, vermöge dieser bestehenden Einrichtung die die Haut treffenden Reize, hinsichtlich ihres Ortes, zu bestimmen. Damit ist aber zugleich auch wieder die Existenz der „festen“ Empfindungskreise wenigstens nach meiner Auffassung, nach welcher sie, so zu sagen, nichts anderes sind, als der graphische Ausdruck der Feinheit der fixen Gliederung jenes Systems der Localzeichen, zugestanden!

In der That, behufs einer allseitig befriedigenden Deutung der Thatsachen ist es nicht nur (vergl. §. 20) erlaubt, sondern, so weit ich sehe, unumgänglich nothwendig, an diesen „festen“ Empfindungskreisen festzuhalten.

Denn wie wollte man sonst die folgenden Erfahrungen erklären?

1. Vergrössert man stetig den Abstand zweier gleichzeitiger Eindrücke, die bereits so weit von einander entfernt sind, dass sie eine deutliche Doppelempfindung geben, so wächst auch stetig der zwischen den beiden erzielten Empfindungen wahrgenommene Zwischenraum. Meissner sagt: „Ist die Erregung von a sensiblen Punkten erforderlich, um einen in obigem (Meissner's) Sinne als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden, so werden die Irradiationskreise zweier Reize, welche innerhalb einer Hautstrecke erfolgen, wo nur a sensible Punkte sind, aus denselben sensiblen Punkten sich zusammensetzen, und somit ein und dasselbe Localzeichen für beide Reize vermitteln, welche also nicht gesondert empfunden werden; sie werden erst gesondert wahrgenommen werden, wenn sie so weit von einander gerückt sind, dass ihre Irradiationskreise sich jeder aus a verschiedenen Punkten zusammensetzt, oder vielleicht einen Theil der sie bildenden sensiblen Punkte verschieden haben“.

Allein es ist nicht einzusehen, wie damit die, mit der wachsenden Entfernung der Tastreize correspondirende Vergrösserung des wahrgenommenen Zwischenraumes, welcher die beiden Empfindungen trennt, erklärt werden soll, da ja schon vom Beginn der deutlichen Doppelempfindung an, die „Irradiationskreise sich jeder

aus a verschiedenen Punkten zusammensetzt", ausser man nimmt an, dass eben die Localzeichen der sensiblen Punkte, in Folge der *bestehenden* Einrichtung des Tastorgans, einem stetig abgestuften, mit den geometrischen Verhältnissen correspondirenden Systeme von fixer Gliederung angehören.

2. Nehmen wir an, es seien zwei Zirkelspitzen in solcher Entfernung von einander und gleichzeitig auf eine beliebige dehnbare Hautstelle (z. B. die Lippe) aufgesetzt worden, dass sie als zwei räumlich gesonderte Eindrücke wahrgenommen werden, so erklärt sich dies nach *Meissner*, dass bei diesem Abstande jede der beiden Zirkelspitzen „a" verschiedene sensible Punkte, deren Erregung eben erforderlich ist, um „einen als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden", erregen kann und wirklich erregt, während wir nach unserem Principe der festen Empfindungskreise den Grund der Erscheinung darin finden werden, dass die Zirkelspitzen sensible Punkte treffen, welche *wahrscheinlich* um mehr als das Dreifache des Durchmessers *eines* Empfindungskreises von einander abstehen.

Dehnen wir nun das betreffende Hautstück aus (wodurch die sensiblen Punkte desselben auf eine grössere Fläche zerstreut werden), und setzen die Zirkelspitzen in *derselben Entfernung*, wie *vor* der Dehnung wieder auf, so werden dieselben, wie der Versuch lehrt, entweder gar nicht mehr oder doch, durch einen *geringeren* Zwischenraum getrennt, wahrgenommen.

Auch diese Erfahrung erklärt sich noch *fast* gleich gut nach beiden Hypothesen; nach *Meissner*, indem sich die relative Zahl der sensiblen Punkte, in Folge der Dehnung, dermassen verringert hat, dass die Zirkelspitzen nun nicht mehr die erforderliche Anzahl von je „a" sensiblen Punkten erregen können; nach meiner Auffassung, indem die Zirkelspitzen, in Folge der ein- oder allseitigen Vergrösserung des Durchmessers der festen Empfindungskreise, sensible Punkte treffen, welche Empfindungskreisen angehören, die um weniger Durchmesserweiten von einander entfernt liegen als jene Empfindungskreise, welchen die *vor* der Dehnung erregten Punkte angehörten.

Der Versuch lehrt aber weiter, dass, wenn man unter den angeführten Umständen den Abstand der beiden Zirkelspitzen um ein *Bestimmtes*, das ein gewisses Minimum überschreiten muss,

vergrössert, dieselbe räumliche Unterscheidung der Eindrücke, wie vor der Dehnung der Haut, auch wieder eintritt, trotz der Zerstreuung der sensiblen Punkte und trotz der durch die Spannung etwas veränderten Färbung der Tastempfindung.

Dieses leicht zu constatirende Factum lässt sich, wie mir scheint, nur durch die Annahme „fester" Empfindungskreise in der Haut auf ungezwungene Weise erklären, indem es dann von selbst einleuchtet, wie durch die Vergrösserung des Abstandes der Zirkelspitzen von einander wieder die Berührung jener Empfindungskreise, zwischen denen die erforderliche Anzahl unberührter Raumelemente liegt und mithin die frühere räumliche Trennung der Eindrücke ermöglicht wird; während man nach Meissner's Hypothese durchaus nicht begreift, was das Auseinanderrücken der Zirkelspitzen nützen soll und kann, da ja die Zirkelspitzen bei der durch die Hautausdehnung gesetzten Zerstreuung der sensiblen Punkte, trotz der Vergrösserung ihres gegenseitigen Abstandes, doch niemals wieder, wie vor der Dehnung, die erforderlichen „*a*" sensiblen Punkte zu erregen im Stande sein werden, man möchte denn der Annahme der festen Empfindungskreise, nach welcher Alles so einfach sich deuten lässt, die Ausflucht vorzuziehen geneigt sein, dass unter den durch die Dehnung eintretenden Verhältnissen entweder eine geringere Anzahl von sensiblen Punkten als „*a*" schon hinreichend sei, „um einen als physiologische Einheit functionirenden Irradiationskreis zu bilden", oder die Zirkelspitzen sich mit grösseren Irradiationskreisen umgeben würden, durch welche abermals jene früher „erforderlichen" „*a*" sensiblen Punkte erregt werden könnten.

Meines Erachtens jedoch scheitert an der Erklärung dieser einfachen Versuche und der sub 1 angeführten Erfahrungen, welche uns zur Annahme „fester" Empfindungskreise in der Haut zu zwingen scheinen, die von Meissner gegebene, sonst eben so sinnreiche, als elegante Ausführung der Lotze'schen Principien.

Ich schliesse mit dem Satze: die festen Empfindungskreise existiren daher gewiss, und mit der kurzen Erklärung: Die sensiblen Punkte bilden in der Haut eine Art von Mosaik, von der die Seele durch das, mit der Erregung der sensiblen Punkte verknüpfte, stetig, aber mit verschiedener Feinheit abgestufte System von Localzeichen, gewissermassen ein Bild erhält,

zusammengesetzt aus einer Vielheit von einfachen Raumelementen, welche in verschiedener, aber bestimmter Anzahl zu Raumeinheiten höherer Ordnung, den sogenannten festen Empfindungskreisen, zusammenfliessen, so dass die Seele im Stande ist, vermöge dieser bestehenden Einrichtung die die Haut treffenden Reize hinsichtlich ihres Ortes zu bestimmen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 erläutert den in §. 15 angegebenen neuen Versuch zur Demonstration der Chromasie des Auges, welche sich bei falscher Accommodation geltend macht. K ist der Durchschnitt des Kartenblattes, in das der Löcherchenkreis gestochen ist; a und b sind zwei vom Schnitte getroffene Löchelchen, adc und bcd die durch dieselben ins Auge fallenden Lichtkegel; cv, dv die violette cr, dr die rothe Grenze der chromatischen Abweichung. Die erstere bildet nach, die letztere vor der Durchkreuzung der Strahlen im zusammengebrochenen Lichtkegel den äusseren Mantel des Kegels und ist, so weit dies der Fall, durch volle Linien angedeutet, übrigens nur punktirt. Die sechs Ovale repräsentiren die, je nach dem Stande des Accommodationspunktes auf die Netzhaut (R, R', R'') fallenden Zerstreuungskreise der Leuchtpunkte a und b. Steht der Accommodationspunkt jenseits des Kartenblattes (R'), so bilden die rothen Strahlen die äusserste Grenze der Zerstreuungskreise, steht er diesseits desselben (R'')— die blauen. Ist das Auge für die Entfernung von a und b accommodirt (R), so ist auch die chromatische Abweichung fast Null. Es versteht sich von selbst dass sich dort, wo sich die Zerstreuungskreise (auf der Linie AX) berühren, die Intensität der Farbensäume erheblich verstärken muss.

Fig. 2 und 3 zeigen, dass und warum der Zerstreuungskreis eines Leuchtpunktes, a, durch ein von beliebiger Seite her gegen die Mitte der Pupille vorgeschobenes Kartenblatt (K) von derselben oder von der entgegengesetzten Seite her auf der Netzhaut verdunkelt werde, je nachdem in Folge des Accommodationszustandes der Vereinigungspunkt der Strahlen o, hinter (Fig. 2) oder vor (Fig. 3) die Netzhaut fällt.

Fig. 4, 5, 6, 7 und 8. Schematische Darstellungen der Empfindungskreise in der Haut, welche die Erörterungen des §. 19 erläutern. Fig. 4 ist ein idealer Grenzfall.

Fig. 9. Neuer Stangenzirkel zu Tastversuchen in natürlicher Grösse. Der kürzere Schenkel (A) kann, durch Druck des Fingers auf die Platte d, nach unten verschoben werden und kehrt durch die Wirkung der Feder e, von

selbst in seine frühere Lage zurück. Der längere Schenkel (*B*) ist an der Hülse (*H*) befestigt, welche an der Stange (*S*) läuft und ein viereckiges Fenster hat, dessen zugeschärfter unterer Rand mit einem Nonius versehen ist, so dass man an der Stangentheilung den Abstand der Zirkelspitzen bis auf Zehntel einer Wiener Linie genau ablesen kann. Da der senkrecht bewegliche kürzere Schenkel (*A*) durch die Schraube *c* in beliebiger Höhe festgestellt werden kann, so dient der Stangenzirkel eben so gut zur Erzielung gleichzeitiger als ungleichzeitiger Eindrücke. Vgl. §. 19, ad 2.
